

〈主 題〉

# 전자파장해 대책부품의 종류와 특성

정 연 춘

(한국표준과학연구원 전자기연구부)

□ 차 례 □

I. 서 론

II. 전도성 전자파장해 대책부품

III. 복사성 전자파장해 대책부품

IV. 결 론

## I. 서 론

전자파장해(Electromagnetic Interference, EMI) 현상의 제어 방법은 시스템 개발의 여러 단계, 즉 기획, 설계, 시제품 개발, 양산품 생산, 시험 및 평가, 현장 운용 등과 관련하여 다양한 방법과 절차 등이 사용된다. 시스템 내부의 전자파장해(Intra-system EMI)현상의 제어에는 시스템 개발의 여러 단계에 맞게 적절한 방법이 선별적으로 채택되어 진다. 이러한 방법들은 제품의 초기 단계에서 매우 다양하게 선택될 수 있고, 대책에 투입되는 비용도 적으나, 최종 단계로 갈수록 선택할 수 있는 대책 방법의 폭은 매우 좁아지고, 비용 역시 커진다. 따라서 여러가지 대책 기법을 고려하여 제품 개발의 초기 단계에서 전자파장해 현상을 제어하는 것이 바람직하다.

전통적인 시스템 내부 전자파장해 제어방법에는 전자파장해 대책이 수립되어 있는 회로 부품과 회로의 선택, 적절한 접지(grounding)와 배선(wiring), 전자파장해 신호의 여파(filtering)기법, 합체의 전자파차폐(shielding) 및 부분 차폐기법 등이 있다. 기존의 불요 전자파방출(Electromagnetic Emission: EME) 규제에는 비용이 많이 들어가는 전자파차폐기법을 사용하지 않고, 적절한 접지와 배선 그리고 여파기법 등으로 대책수립이 가능했다. 이는 여파기법을 사용할 경우, 도선을 타고 흐르는 고주파 노이즈를 쉽게 제거할 수 있으므로 전도방출(conducted emission)은 물론, 복사

방출(radiated emission) 제어에도 큰 효과를 볼 수 있기 때문이다-복사방출의 경우, 합체로부터 직접 전자파가 복사하는 것보다 전원선이나 신호선을 타고 흐르는 것이 복사하는 경우가 보다 현저하다. 그러나 근래에 규제가 시작되고 있는 전자파내성(Electromagnetic Susceptibility: EMS)의 경우, 피시험기기가 복사전기장 및 정전기방전, 자기장 등에 바로 노출되기 때문에 보다 적극적인 대책기법이 요구되고 있고, 전자파차폐에 대한 중요성이 크게 증대되고 있다.

본 고에서는 전자파장해 대책부품의 종류와 특성에 대해 살펴보고, 현장에서 실제 적용하고자 할 때의 주의할 점 등에 대해 소개한다. 그러나 전자파장해의 대책을 위해서는 이러한 대책부품만으로 해결되는 것이 아니고, 다양한 경제적이고도 효과적인(cost effective) 대책기법을 익혀 시스템 구성 및 제작에 적용할 수 있어야 한다. 여기에서, 본 고는 대책부품의 종류와 특성에 국한하여 기술되었음을 밝혀둔다.

## II. 전도성 전자파장해 대책부품

전도성 전자파장해(conducted EMI)의 대책을 위해서 여파기류(filters)와 트랜스포머류(transformers), 과도신호 억제부품 등이 사용되고 있다.

### 1. 여파기류

전도성 전자파장해 대책에 가장 널리 사용되는 부품은 여파기류이다. 이러한 여파기류에는 신호선여파기(signal filters), 전원선여파기(power line filters), 페라이트 부품(ferrites) 등이 있다. 여기에서는 이들 부품의 종류와 특성에 대해 살펴본다.

1) 신호선 여파기

신호선에 존재하는 관심주파수 밖의 불요 신호는 의도된 신호의 수신을 직접적으로 방해하거나, 또는 복사방출로 작용하여 주변 전자파잡음에 기여한다. 이러한 방해신호의 제어를 위해서 신호선여파기가 사용되는데, 신호선은 물론 다른 전도경로에도 적용되며, 아날로그 및 디지털 시스템에 공히 사용된다. 신호선여파기는 제거하고자 하는 신호와 요구되는 신호의 주파수가 반드시 달라야 하며, 차단주파수 특성에 따라 저주파수대역통과(low pass) 여파기, 고주파수대역통과(high pass) 여파기, 대역통과(band pass) 여파기, 대역제거(band rejection) 여파기로 나뉘어진다. 신호선여파기는 능동적 또는 수동적일 수 있으며, m-derived, constant K, Butterworth, Chebychev 등과 같은 여파기를 포함한다.

실제 사용에 있어서는 여파기의 성능이 최적화되도록 설치에 주의하여야 한다. 신호선여파기는 일정한 크기의 임피던스를 갖는 선로 상에서만 적용될 수 있으며, 요구되는 신호의 상승시간에 변화를 주어 회로의 안정성에 문제를 일으킬 수 있다. 차폐경계면에 여파기를 설치할 경우, 접지와 케이블 회로 설계에

주의를 기울여 방해신호가 신호선여파기를 바이패스하지 않도록 주의하여야 한다. 특히 평면형 커패시터 어레이(planar capacitor arrays)의 경우, 각 선로가 침입지점(point of entry) 근처의 고주파 전자파방해에 대해서만 접지로 바이패스(bypass)시켜 주기 때문에 그림 1과 같이 0 V와 샤시(chassis) 사이에 일정한 크기의 세라믹 커패시터를 취부하여 저주파수 접지루프(ground loop)를 막고, 동시에 전기적으로 빠른 정전기방전 과도신호에 대한 싱크(sink)로 동작시키거나, 또는 커패시터 어레이 둘레에 동판을 붙여 샤시에 직접 전기적접촉을 하도록 하는 것이 필요하다.

2) 전원선여파기

스위칭모드 전원공급장치(Switching Mode Power Supply: SMPS)에 전원선여파기를 사용하지 않는 경우, 매우 높은 수준의 전도방출을 발생시켜 규격에 합격하지 못하거나, 인접장치에 장애를 일으킬 수 있으며, 그 반대 경우로서 전원선에 침입한 과도한 전도방출로 인해 전원공급장치가 오동작할 수도 있다. 이러한 경우 모두, 공통모드(common mode) 및 차동모드(differential mode) 방해신호가 전파될 수 있다. 이러한 전원선방해를 막기 위해서 전원선여파기가 사용되며, 임피던스 부정합 효과를 이용하여 전원선에 고주파 방해신호가 인가되는 것을 막아준다. 단일소자를 갖는 전원선여파기의 삽입손실은 그림 2와 같이 표현된다.

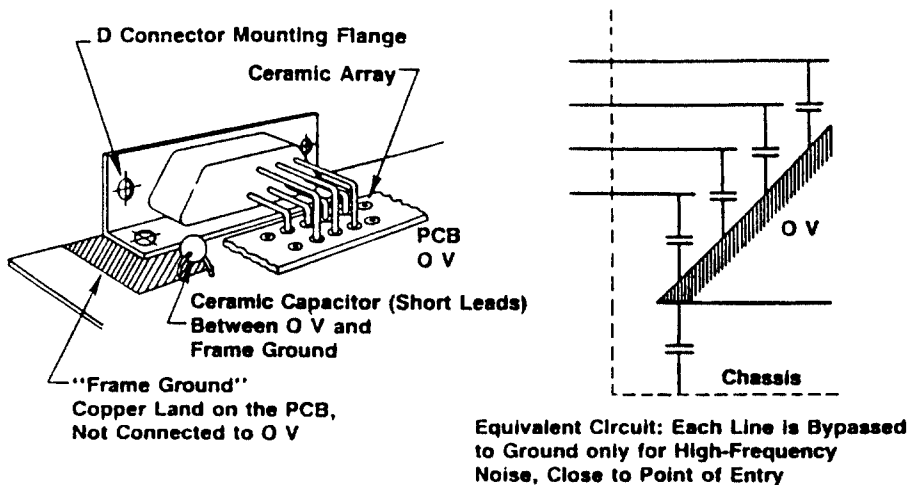
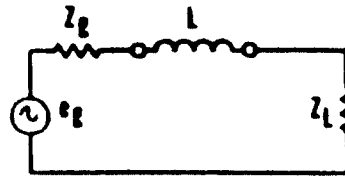
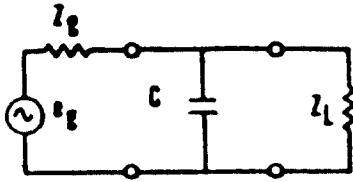


그림 1. 평면형 커패시터 어레이와 설치방법



$$A_{dB} = 20 \log_{10} \left[ 1 + \frac{j\omega CZ_g Z_L}{Z_g + Z_L} \right]$$

$$= 20 \log_{10} \left[ \frac{\omega CZ_g Z_L}{Z_g + Z_L} \right]$$

for  $\omega C \gg \frac{Z_g + Z_L}{Z_g Z_L}$

$$A_{dB} = 20 \log_{10} \left[ 1 + \frac{j\omega L}{Z_g + Z_L} \right]$$

$$= 20 \log_{10} \left[ \frac{\omega L}{Z_g + Z_L} \right]$$

for  $\omega L \gg Z_g + Z_L$

그림 2. 단일 회로소자를 갖는 전원선여파기의 삽입손실

전원선여파기는 50 Hz, 60 Hz, 400 Hz 전원과 함께 사용되고, 부하회로나 또는 전원장치를 보호하는 기능을 하므로 전자파장해에 민감한 대부분의 장비는 물론, 스위칭모드 전원공급장치를 사용하는 경우에 흔히 적용된다. 그러나 전원선여파기는 전류를 안전 접지(safety ground)로 흘러 보내므로 과도한 전류는 안전상 위험을 초래할 수도 있으며, 스위칭모드 전원공급장치의 안정성에 영향을 끼칠 수 있으므로 이러한 경우 사용상 제한이 있다.

설치는 차폐경계면이나 보호하고자 하는 전원공급장치의 합체에서 이루어지며, 공통모드 장해전자파를 유발시키지 않도록 접지회로 구성에 주의를 기울여야 하며, 그림 3과 같이 장치 내부에 있는 전원선의 비여파 부분의 길이는 가능한 한 짧게 유지시켜 여파된 전원선부와 비여파 전원선부가 재결합하지 않도록 하고, 또한 여파된 전원이 신호선과 결합하지 않도록 주의해야 한다.

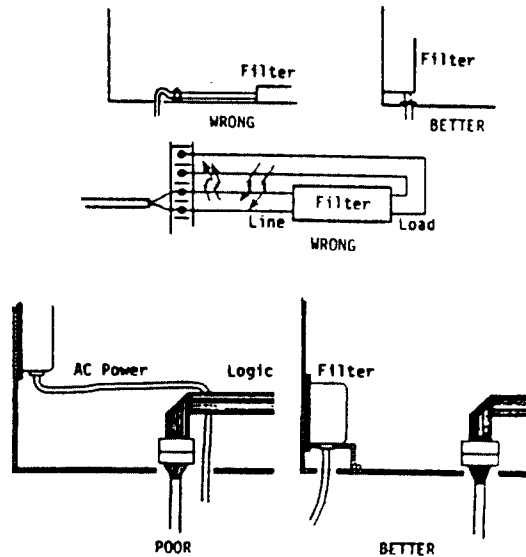


그림 3. 전원선여파기 설치의 주의사항

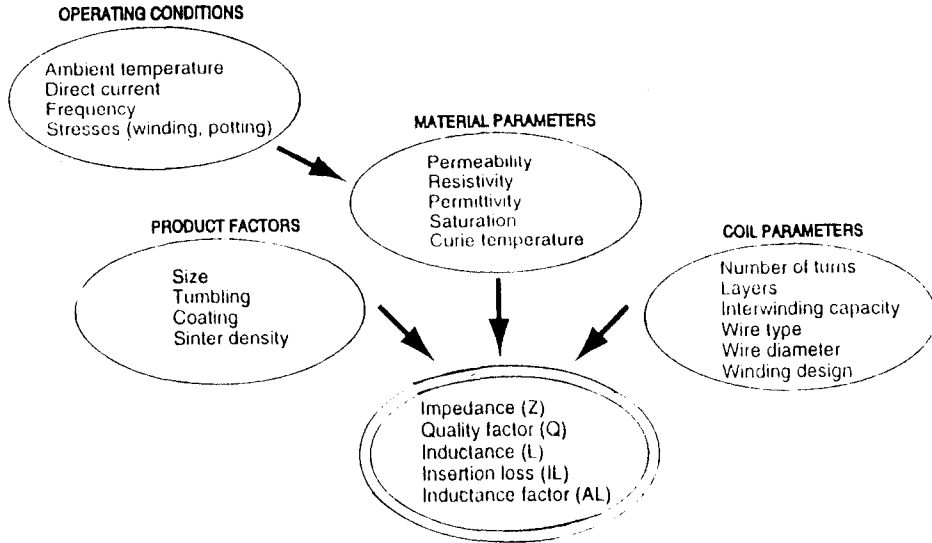


그림 4. 페라이트 부품의 성능 결정인자

3) 페라이트 부품

페라이트 부품은 선로를 타고 흐르는 공통모드 장해신호를 흡수하여 열로 발산시키는 전기적 손실재료로 만들어지며, 전형적으로 beads, tubes, 또는 bars의 형태를 가진다. 공통모드 장해전류로부터 발생하는

자기장은 손실성 페라이트를 통과할 때, 자기저항 (reluctance)이 낮은 곳으로 집중되어 열로 변환된다. 이러한 페라이트 부품은 현재 전자파장해 대책에 가장 널리 사용되고 있는 것으로서 요구되는 특성 (impedance, quality factor, inductance, insertion loss,

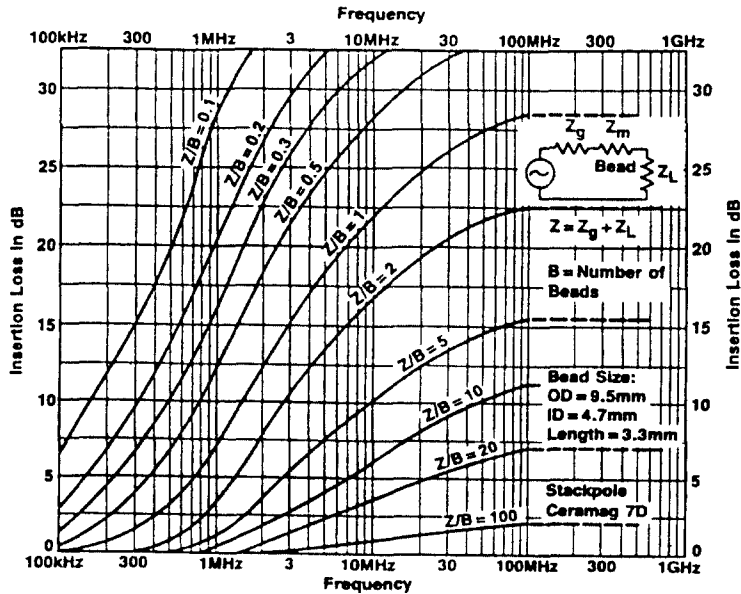


그림 5. 페라이트 비드의 삽입손실 특성

inductance factor 등)을 얻기 위해서는 그림 4에서 볼 수 있는 것처럼 동작조건, 제품인자(product factors), 재료정수, 코일정수에 대한 정보를 이해할 수 있어야 한다.

페라이트 부품의 등가회로는 상쇄전류를 유지시키는 상호 인덕턴스와 직렬로 연결된 주파수의존성 저항으로 표현될 수 있고, 사용되는 페라이트 비드의 개수와 장해원(source) 및 부하 임피던스에 따라 그림 4와 같은 특성을 가진다. 이러한 대책부품은 전형적으로 공통모드 장쇄전류와 접지루프전류를 제어하는 데 사용되며, 동축케이블의 sheath 전류를 제어하거나, I/O 케이블의 "antenna farm" 효과의 억제를 위해서도 사용된다. 그러나 전자파장해 대책에 사용되는 페라이트가 전형적으로 10~500 MHz의 주파수 대역으로 제한되고, 고 임피던스회로에 대해서는 효과적이지 못하며, 인접한 자기장이나 고 전류선로에 의해 포화될 수(특히 차동모드 대책에 있어서) 있으므로 사용상 제한이 있다. 따라서 발산되는 열과 포화 요구사항에 근거하여 페라이트 부품을 선택하여야 하고, 피해기기의 입력단에 각각의 페라이트 부품이 기계적으로도 안정되게 설치하여야 한다.

페라이트 부가 케이블(ferrite loaded cable)은 위에서 설명한 페라이트 부품의 주파수특성을 UHF 대역으로 확장시키고, 많은 페라이트 비드를 설치함에 따라 생길 수 있는 기생공진(parasitic resonances)을 피하기 위해 사용된다. 이러한 부품에는 평형 평행도선과 비평형 동축선이 있다. 평형선로의 경우, 페라이트

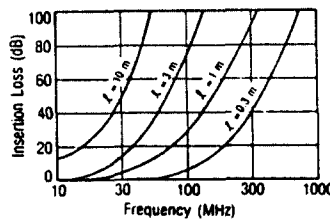
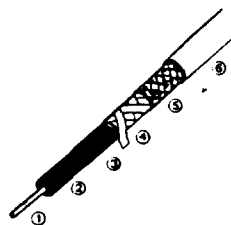
분말이나 철분말이 케이블의 바깥쪽 자켓이나 하네스에 분포되어 있어 흡수실린더로 동작하는 것이며, 동축선의 경우, 전형적인 저손실 유전체대신에 페라이트가 첨가된 유전체를 사용하여 저주파수대역 통과여파기로 동작하는 것이다. 이러한 부품의 특성은 페라이트가 유전체에 첨가된 체적비와 선로길이에 의해 삽입손실 특성과 차단주파수 특성이 결정된다. 그림 6에 이러한 부품의 구조와 특성 예를 보였으며, 사용 주파수가 30~1000 MHz 정도인 것을 제외하고는 앞의 페라이트 부품과 같은 사용상 제한을 가진다.

2. 트랜스포머류

전도성 전자파장해 대책부품으로서 트랜스포머류가 있다. 이러한 트랜스포머류는 신호선 고립트랜스포머(signal isolation transformer)와 전원선 고립트랜스포머(power isolation transformer), 패러데이 차폐 트랜스포머(Faraday shielded transformer), 밸런 트랜스포머(balun transformer)로 구분된다. 여기에서는 이들 부품의 종류와 특성에 대해 살펴본다.

1) 신호선 고립트랜스포머

신호선 고립트랜스포머는 신호선에 설치되어 장해신호를 저 임피던스 접지로 빼주거나, 상호인덕턴스를 사용하여 장해신호를 상쇄시키는 역할을 한다. 또한 이러한 부품은 공통모드 노이즈와 차동모드 신호를 구별하거나, 신호회로에서 접지루프를 끊거나, 불평형선로를 평형시키거나 할 때도 사용될 수 있다.



(Courtesy of LEAD)

LEGEND:

- #1 = #24 AWG Copper Solid or Copper Weld
  - #2 = Absorptive Magnetic Composite,  $\phi$  3.2 mm
  - #3 = Resistive Layer, 25  $\mu$  Thick
  - #4 = Double Cross-wrapped Mylar Tape, 12.5  $\mu$  Thick
  - #5 = Shield, Simple Braid #36 AWG Tinned Copper Wire
  - #6 = Insulating Sheath,  $\phi$  4.0 mm
- Minimum Bending Radius = 0.5 inch (13 mm)

그림 6. 페라이트 부가 케이블의 구조와 특성

그러나 이러한 부품은 반드시 AC 신호와 함께 사용되고, 저 임피던스 접지가 요구되며, 신호에 불필요한 위상천이를 유발시킬 수 있고, 자기장으로부터 반드시 차폐되어야 하는 사용상의 제한이 있다. 트랜스포머는 차폐 경계면에 설치되는 것이 일반적이며, 평형선로에 대해서는 선로의 양쪽 끝에 설치한다. 고주파 신호에 대해 보다 높은 수준의 고립이 필요하다면 패러데이 차폐를 사용하는 것이 바람직하다. 접지루프 결합(ground loop coupling)을 줄이기 위해서 신호선 고립트랜스포머를 적용할 때, 그림 7과 같이 저 임피던스 접지가 가능한 곳에서는 병렬회로에서 사용하고, 그렇지 않을 경우는 직렬회로에서 사용함으로써 크기가 같고 방향이 반대인 전류를 유기시켜 장해전류를 상쇄시킬 수 있다.

2) 전원선 고립트랜스포머

전원선 고립트랜스포머는 전원선에 설치되어 장해신호를 저 임피던스 접지로 빼주거나, 상호인덕턴스를 사용하여 장해신호를 상쇄시키는 역할을 한다. 또한 이러한 부품은 공통모드 노이즈와 차동모드 전원신호를 구별하거나, 전원선로에서 중성단자 접속을 끊기 위해서도 사용된다. 그러나 이러한 부품은 반드시 AC 신호와 함께 사용되고, 저 임피던스 접지가 요구되며, 자기장으로부터 반드시 차폐되어야 하는 사용상의 제한이 있다.

트랜스포머는 차폐 경계면에 설치되는 것이 일반적이고, 선로와 선로간의 누화(crosstalk)를 피할 수 있

도록 트랜스포머를 설치해야 하며, 특히 접지에 주의하여야 한다. 또한 트랜스포머의 합체차폐에 연결하면 공통모드 또는 차동모드 노이즈에 대한 추가 보호를 얻을 수 있다.

3) 패러데이 차폐 트랜스포머

트랜스포머의 권선 사이의 부유용량(stray capacitance)을 줄여 트랜스포머의 고주파 특성을 개선시키기 위해 패러데이 차폐가 적용될 수 있으며, 패러데이 차폐 트랜스포머에는 한 층 이상의 차폐가 포함된다. 이러한 차폐면은 그림 8에서 볼 수 있는 것처럼 장해전류를 접지로 바이패스시켜 주거나, 또는 공통모드 또는 차동모드 장해전류를 억제하는 역할을 한다. 적절한 동작을 위해서 차폐면은 반드시 저 임피던스 접지에 연결시켜야 한다. 만약 연결시킬 수 없다면 권선과 권선 간의 커패시턴스를 증가시켜 트랜스포머의 성능을 저하시킨다. 또한 트랜스포머는 반드시 자기장으로부터 차폐시켜야 한다. 트랜스포머의 설치는 차폐면에서 이루어져야 하며, 도선 간의 누화를 최소화시키고, 공통모드 접지전류에 대해 보호하기 위해 도선의 설치와 접지에 주의를 기울여야 한다.

4) 밸런 트랜스포머

밸런(balun)은 임피던스 정합기로서 평형선로와 불평형선로를 연결하는데 통상 사용되는 신호선 트랜스포머의 일종이다. 또한 접지루프의 임피던스를 증

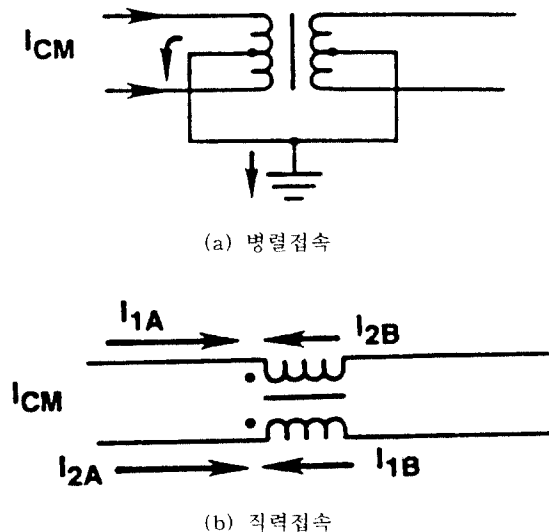
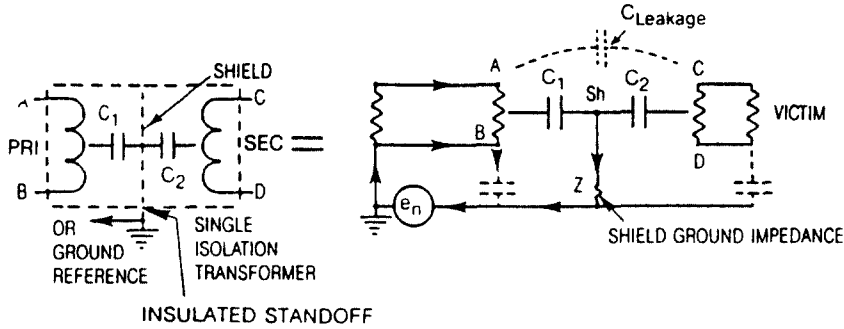
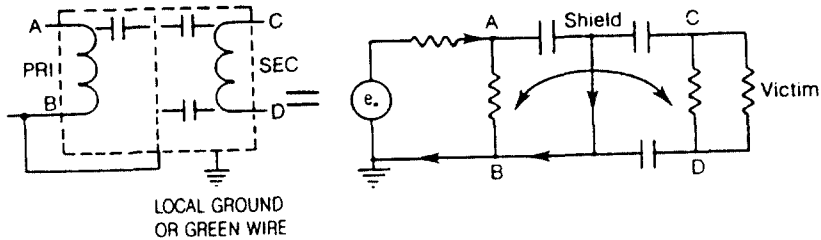


그림 7. 신호선 고립트랜스포머의 설치상 특성



(a) 공통모드용



(b) 차동모드용

그림 8. 패러데이 차폐 트랜스포머

가시키거나, 동축케이블의 차폐회로를 끊거나, 또는 신호선을 float시키기 위해서, 그리고 동축케이블의 sheath current를 제어하거나 DC isolation을 얻기 위해 밸런이 사용되기도 한다. 이러한 밸런은 사용 주파수대역에 제한이 있고 단지 AC 신호를 결합만 할 수 있는 사용상 제한을 가진다. 피해기기의 차폐면에 밸런이 설치되며, 특별한 경우, 접지가 필요치 않으며, 도선 간의 누화를 방지하기 위해 설치 시에 주의

를 기울여야 한다.

### 3. 과도신호 억제부품

앞에서 설명한 대책부품은 주로 연속파형 전도성 장해전자파의 대책에 사용되고 부품이다. 따라서 펄스파형 장해전자파에 적용하기에는 많은 제약이 따른다. 여기에서는 펄스파형 장해전자파 대책에 사용되는 부품의 종류와 특성에 대해 살펴본다. 이러한 부

<표 1> 주요 펄스파형 장해전자파 대책부품의 상대적 특성우위 비교

TYPE	Ability to divert large surge currents > 500 A	Fast response to transient voltage rises	Minimum capacitance	Maximum isolation resistance	Ability to protect at low voltage levels < 50 V
Gas Filled Spark Gaps	1	3	1	1	3
Zener Diodes	3	1	3	2	1
Varistors	2	2	2	3	2

주) 1 = Most Favorable 3 = Least Favorable

품에는 spark gaps, gas tubes, MOV(Metal Oxide Varistor)s, Zener diodes, transorbs, transient snubbers, transient plates 등이 있다. 이들 대책부품은 큰 전류와 전기적으로 빠른 신호에 효과적으로 반응할 수 있는가와 손상되었을 때 통전이 이루어지는가 등이 중요하며, 이들 특성이 사용상 제한이 되기도 한다. 표 1에 주요 대책부품의 특성상 우선순위를 보였다.

1) Spark Gaps

Spark gaps은 도선상에서의 최대 전압을 제한시키기 위해 사용되는 과도신호 억제부품으로서 그림 9와 같은 구조로 이루어져 있다. 과도전압이 스파크 갭의 문턱(threshold)에 이르면 스파크 갭은 단락회로가 되어 안전경로(safety path)를 따라 과도신호가 흐르게 한다. 이러한 부품의 동작특성이다.

- speed: slow
- power: very high
- threshold: several hundred volts
- over-current effect: none
- stray capacitance: very low

이러한 늦은 응답특성은 빠른 과도신호의 leading edge를 제한하지 못하는 경우가 발생할 수 있다. 고전압선로에서는 아크 발생을 줄이기 위해 quenching이 요구될 수도 있으며, 아크가 발생하면 화재가 일어날 수도 있다.

2) Gas Tubes

Gas tubes는 저전압 과도신호 억제소자로서 스파크 갭의 문턱전압을 낮추는 저압력 가스를 포함하고 있다. 선로에 고전압 과도신호가 나타나면 gas tubes는

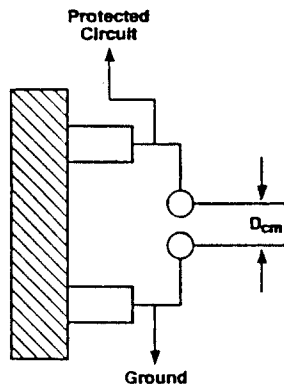


그림 9. spark gap의 모양

아크를 일으키고, 안전하게 전류의 방향을 바꾸어준다. 이러한 부품의 동작특성이다.

- speed: slow
- power and transient duration: high
- threshold: 50 ~ 200 V
- over-current effect: good
- stray capacitance: low

이러한 늦은 응답특성은 빠른 과도신호의 leading edge 전류의 방향을 바꾸지 못하는 경우가 발생할 수 있다. 이러한 부품에서의 아크 발생을 줄이기 위해 quenching이 필요할 수도 있으며, 고전류가 인가되었을 때 폭발이 일어날 수도 있다.

3) Metal Oxide Varistors(MOVs)

금속산화배리스터는 문턱값을 초과하는 과도전압이 걸리면 과도전류의 방향을 바꾸어 주는 전압가변 저항소자이며, 극성에 민감하지 않은 특성을 가지고 있다. 이러한 부품의 동작특성이다.

- speed: medium
- power: low
- threshold: any, a few to several hundred volts
- over-current effect: self destructive
- stray capacitance: very high

따라서 이러한 부품은 매우 높은 부유 커패시턴스를 가지므로 사용이 저주파수 선로로 제한되며, 에너지소멸 능력이 낮음을 알 수 있다. 이러한 부품은 보호하고자 하는 부품의 전단에 설치되어 과도전류의 방향을 안전경로로 흐르도록 해준다. 설치시에 도선의 인덕턴스를 최소화시켜야 한다. 그림 10은 배리스터를 설치하였을 때와 설치하지 않았을 때 인가되는 서지전압의 변화를 보여준 한 예이다.

4) Zener Diodes

Zener diodes는 정교한 역파괴전압(reverse breakdown voltage)을 가진 다이오드이다. 이러한 부품은 문턱전압을 초과하는 전압이 걸리면 급속하게 저항이 감소하는 특성을 가지고 있으며, 극성에 매우 민감하고, 매우 빠른 응답속도를 가지고 있다. 이러한 부품의 동작특성이다.

- speed: fast
- power: low
- threshold: several volts
- over-current effect: self-destructive
- stray capacitance: high



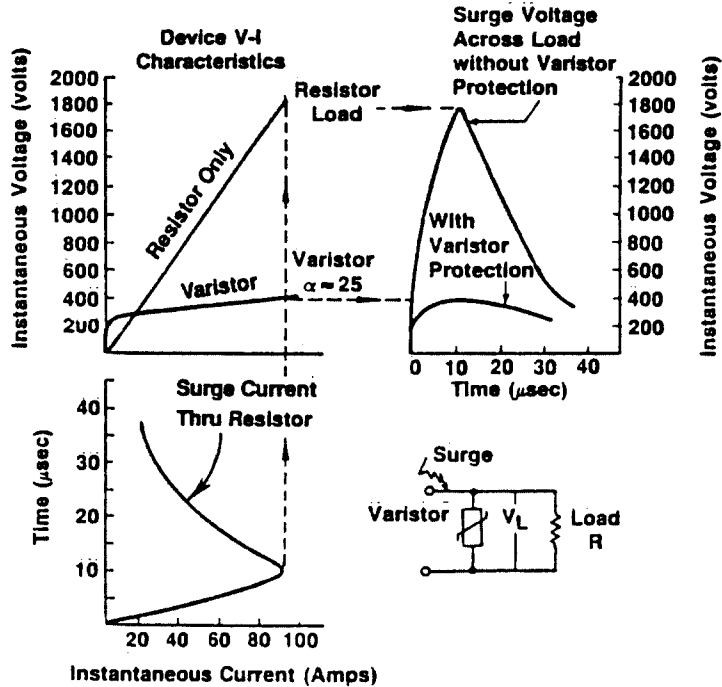


그림 10. 베리스터를 이용한 뇌 서지전압의 대책

따라서 이러한 부품은 매우 높은 부유 커패시턴스를 가지므로 사용이 저주파수 응용으로 제한되며, 에너지소멸 능력이 매우 낮음을 알 수 있다. 부품이 손상되면 먼저 단락되고, 이어서 개방회로가 이루어진다. 이러한 부품은 보호하고자 하는 부품의 전단에 설치되어 과도전류의 방향을 안전경로로 흐르도록 해준다. 설치시에 도선의 인덕턴스를 최소화시켜야 한다.

5) Transorbs

Transorbs는 최소한의 도선 인덕턴스와 최대한의 동작속도를 위해 한 패키지 내에 여러개의 zener diodes를 쌍으로 조합시킨 부품으로서 매우 빠른 응답속도를 가지나 낮은 제어전력을 가진다. 이러한 부품의 동작특성이다.

- speed: very fast
- power: very low
- threshold: several volts
- over-current effect: self-destructive
- stray capacitance: high

이러한 부품은 zener diodes가 패키지 내에 고정되어 있으므로 부품의 인덕턴스와 커패시턴스를 바꿀 수가 없다. 부품이 손상되면 먼저 단락되고, 이어서 개방회로가 이루어진다. 이러한 부품은 보호하고자 하는 부품의 전단에 설치되어 과도전류의 방향을 안전경로로 흐르도록 해준다. 설치시에 도선의 인덕턴스를 최소화할 수 있도록 도선의 길이를 가능한 한 짧게 유지해야 한다. 그림 11은 정전기방전에 의한 과도신호로부터 민감한 회로를 보호하는 transorb의 설치 예를 보여준다.

6) Snubbers

Snubbers는 고전류 과도신호를 분기시키기 위해서 사용되는 RC 회로로서 저주파수대역 통과 여파기의 역할을 하며, 대개 모터, 트랜스포머, 스위칭모드 전원공급장치, 그리고 유도성 스파이크를 제어하기 위해 설계된 다른 종류의 고전류 과도신호원과 함께 사용된다. 이러한 부품의 동작특성이다.

- speed: medium
- power: low

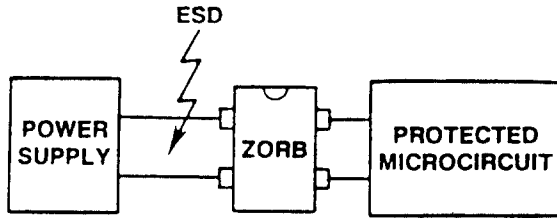


그림 11. transorb의 설치 예

- threshold: none
- over-current effect: self-destructive
- stray capacitance: high

모든 RC 회로에서처럼 이러한 부품 역시 공진현상과 ringing 현상을 일으킨다.

snubbers의 동작전압은 커패시터 소자의 유전과피 문턱값에 의해 제한된다. 이러한 부품의 크기가 비교적 커기 때문에 제한된 공간에 설치하기가 쉽지 않은 단점이 있다. 이러한 부품은 가능한 한 장해위 회로 가까이에 설치하여야 하며, 도선의 길이를 가능한 한 짧게 유지시켜 도선의 인덕턴스를 줄여야 한다.

### 7) Transient Plates

Transient plates는 편평한 넓은 금속판으로서 내게 한쪽면이 4~5 ft 정도이고, 컴퓨터실이나 다른 민감한 특정지역의 전력배전기에서 인위적인 접지를 만들어주는 역할을 한다. 이러한 부품의 동작특성이다.

- speed: very fast
- power: low
- threshold: none
- over-current effect: none
- stray capacitance: not applicable

Transient plates는 매우 짧은 과도신호나 매우 높은 주파수의 전자파장해에 대해 효과적이다. 그러나 이러한 장치를 기존의 설비에 추가시키는 것은 매우 어려운 단점이 있다. 이러한 부품은 전력공급원에 설치하며, 도선의 길이를 최소한으로 유지하여 인덕턴스를 줄이고, 공통모드 접지전류를 피하기 위해 접지선 설치에 주의하여야 한다.

### 8) 하이브리드형 대책부품

앞에서 설명한 각각의 대책부품의 특성을 결합하여 보다 우수한 성능의 대책부품을 구성할 수 있으며, 이들 부품을 하이브리드형 대책부품이라 부른다. gas

tube와 배리스터(varistor) 또는 전압의존형 저항소자(voltage dependent resistor)가 결합된 형태 및 gas tube와 배리스터의 조합을 저항이나 인덕터를 통해 Zener 다이오드나 transorb가 결합된 형태의 하이브리드형이 전형적이다. Gas tube와 배리스터(varistor)가 조합된 형태에서 배리스터의 저항은 배리스터에 걸리는 양단전압에 따라 부극성계수(negative coefficient)로 변화하며, Gas tube와 직렬 연결된 조합을 통해 보다 개선된 breakdown/clamping symmetry : 즉, 전압이 낮아짐에 따라 저항이 증가하고, tube가 동작하는 특성을 얻을 수 있다. 그림 12는 gas diode와 transorb를 조합시켜 2개의 보호소자를 연결시킨 것으로서 비교적 복잡하고, 비용이 많이 들어가는 단점이 있지만 동작속도와 제어전력 특성에서 가장 좋은 특성을 얻을 수 있는 구조이다. Transorb는 인가전압이 문턱전압을 초과하는 동시에 즉시 동작하며, 어느 정도의 제한된 에너지만을 흡수한다.

인덕터 L은 gas diode의 동작전압을 올리는 데 도움을 준다: gas diode는 응답속도가 느리기 때문에 동작을 위해서는 보호레벨 이상의 전압이 필요하다. Gas diode는 과도신호가 없어질 때까지 에너지의 대부분을 흡수한다. 고주파 회로에서는 transorb 대신에 낮은 커패시턴스를 갖는 다이오드로 대체하거나, 추가시킬 필요가 있다. 이 경우 낮은 커패시턴스를 갖는 다이오드는 반드시 transorb의 문턱전압보다 큰 첨두치 역전압(peak inverse voltage)을 가져야 한다.

### 4. 기타 대책부품

앞에서 설명한 대책부품 외에 몇가지의 대책부품이 더 있다. 대표적인 것으로 optical isolator와 광섬유 소자 등을 들 수 있다.

Optical isolator는 DC 신호를 차단하거나 공통모드 전류를 차단하기 위해 사용되며, 입력선에 대한 출력선의 매우 높은 isolation을 제공한다. 이러한 부품은 가능한 한 입력단 가깝게 접지루프와 직렬로 삼입시킴으로써 공통모드 전류를 저주파대역에서 100 dB 이상 줄일 수 있다. 그러나 주파수가 올라가면 입/출력단의 기생 커패시턴스 때문에 거의 효과를 갖지 못하게 된다. 이러한 부품은 기본적으로 디지털 회로에 적용되며, 아날로그 회로에서는 매우 낮은 성능을 가진다. 또한 매우 높은 DC 전압 isolation과 DC 접지 isolation을 제공하며, 따라서 DC 신호의 전달에는 적용할 수 없다. 이러한 부품은 가능한 한 피해기기에 가깝게 설치해야 하며, 입/출력단의 누화 방지와

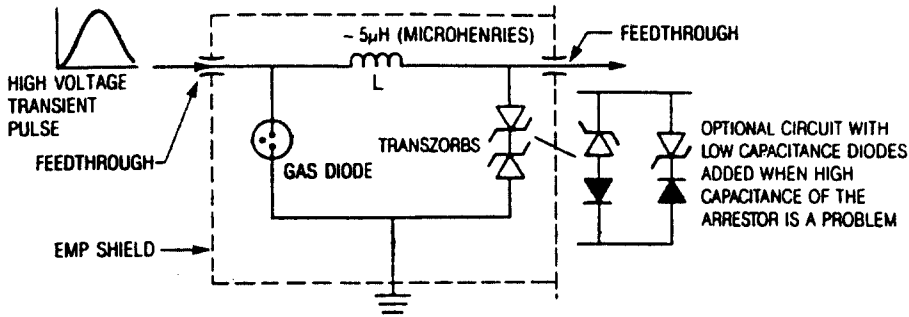


그림 12. 전자파펄스 및 낙뢰에 의한 과도신호 대책용 하이브리드형 대책부품

sneak 접지 경로를 제거하기 위해 주의를 기울여야 한다.

변조된 광 빔(light beam)을 이용하여 디지털 신호를 광섬유를 통해 전송할 수 있다. 이러한 광섬유 경로는 비전도성 재료이므로 장애전자파를 공통모드 또는 차동모드 전류를 변환시키지 않는 것은 물론, 매우 높은 임피던스를 가진 접지루프를 제공한다. 이러한 부품은 전형적으로 디지털 신호 전송에 사용되며, 매우 전자파환경이 열악한 곳에서 누화를 방지하고, 데이터 전송의 보안성을 유지하고자 할 때 적절히 응용될 수 있다.

### III. 복사성 전자파장해 대책부품

복사성 전자파장해 대책부품은 전도성 전자파장해 대책부품처럼 다양하게 하나의 부품 형태로 판매되는 것은 많이 없다. 대개 이러한 대책부품으로는 전자파 차폐재료와 가스켓, 차폐케이블, 전도성 유리, 차폐섬유, 벌집모양 공조구(honeycomb vents) 정도로 이해되며, 여기에서는 전자파차폐재료 및 차폐기법, 그리고 가스켓의 종류의 적용방법에 대해서 살펴본다.

#### 1) 전자파 차폐기법

전자파차폐(electromagnetic shielding) 기법은 불요 전자파방출 대책을 위해서 회로 부품과 회로의 선택, 적절한 접지(grounding)와 배선(wiring), 전자파장해 신호의 여파(filtering)기법을 적용하여도 대책이 수립되지 않을 경우, 거의 최종적으로 사용되는 기법이다. 이는 대책 수립에 큰 비용이 소요되고, 제품 개발의 마지막 단계 근처에서 대책 수립이 이루어지기 때문이다. 이러한 대책 기법은 기존의 불요전자파장해 방

출 규제에서 보다 근래에 규제가 이루어지고 있는 전자파내성에서 더욱 많이 적용될 것으로 판단된다. 이는 전자파장해 방출 현상은 접지나 배선, 여파기법 등에 의해 효과적으로 대책 수립이 이루어질 수 있지만, 전자파내성 평가에서는 전자기장을 바로 피시험 기기에 인가시키기 때문에 전자파차폐 기법이 보다 효과적인 대책 방법이 되기 때문이다.

전통적으로 전자파차폐는 전기적 특성이 잘 알려진 금속재료를 사용하여 이루어져 왔다. 그러나 근래에 들어 금속재료에 비해 값이 싸고, 가벼우며, 가공하기가 쉬운 플라스틱 재료 및 복합재료 등이 개발되어 전자 제품의 외장재로 널리 사용되고 있으며, 민수용 전기, 전자제품 등의 외장재로서 급속히 금속재료를 대체해 나가고 있는 실정이다. 그러나 이들 재료는 전자파 차폐효과를 전혀 가지지 않으므로 복사 방출 규제는 물론, 특히 복사내성에 관한 규제에 효과적으로 대응하기 어렵다. 따라서 이들 재료에 도전성을 부과하여 전자파차폐 효과를 갖도록 하기 위해 도전성 도료의 도포, 또는 무전해 도금 등을 하고 있으며, 각종의 도전성 고분자재료 및 복합재료에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

오늘날 전자파차폐 합체(주로 플라스틱 재료에 전도성을 부가시키는 방법으로서)를 제작하는 방법으로는 다음의 3가지 방법이 가장 널리 이용되고 있다:

- Electroless Plating
  - Double-Sided Plating
  - Selective Plating
- Conductive Paints
  - Silvered Copper Paint
  - Copper Conductive Paint
  - Nickel Conductive Paint

- Silver Conductive Paint

· Vacuum Metallizing

이들 방법은 각기 다른 장 단점을 갖고 있으며, 제작비용도 상이하다.

① Electroless plating

이 방법은 플라스틱의 일부를 에칭용액 및 화학적 침전조에 담그는 방법으로서 자가 촉매작용 및 화학적 도금과정에 근거하여 순수하고, 연속적이며, 균일한 차폐면을 얻을 수 있는 장점이 있다. 이러한 방법에는 플라스틱판에 먼저 순수한 구리를 코팅하고, 그 위에 다시 nickel-phosphorus alloy(4 ~ 10% P)로 코팅하는 방식이 있다. 각각의 코팅면은 각기 특별한 성능을 제공하며, 전체적인 전자파 차폐효과에 상승작용을 일으킨다. 얇고, 전도성이 좋은 구리 박막은 전기장 차폐와 평면파 차폐의 역할을 하며, 그 위에 코팅된 nickel-phosphorus는 구리 박막이 산화되거나 부식되는 것을 막아주는 역할을 한다.

이러한 방법은 합체 전체를 완전히 금속화시키는 방법(그림 13 참조)과 부분적으로 단지 특정 부분만 금속화시키는 방법이 있다. 선택과정의 경우, 도금하고자 하는 플라스틱 부분에 특별한 전도성 유기 코팅 재료를 스프레이하고, 다른 쪽 면은 도금하고자 하는

면과 그렇지 않은 면을 구별하기 위해 마스킹을 한다. 이후 도금은 전형적인 양면 도금방식과 같은 방식으로 진행되며, 기판코트(base coat)를 칠한 부분에만 도금이 이루어진다(그림 14 참조).

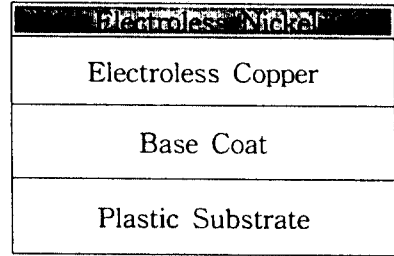


그림 14. Electroless Plating 방법에 의한 선택도금 과정

이러한 방법에 의한 전자파 차폐효과는 기본적으로 구리 박막의 두께에 관계되며, 표면저항 또는 임피던스는 주어진 구리박막의 두께에 대해서 표면의 거칠기에 영향을 받는다. 대부분의 응용에 있어서, FCC의 전자파장해 규격에 합격하기 위해서는 표 2와 같은 범위의 도금 두께가 요구되는 것으로 알려져 있다.

구리의 도금두께를 키워 전기장 및 평면파 차폐효과를 높일 수 있다. 이러한 방법으로는 경제적 요소를 고려하여 약 200  $\mu\text{in}$  (5  $\mu\text{m}$ ) 정도의 두께까지 얻을 수 있으며, 이러한 두께 이상은 전기도금 방법에 의해 얻을 수 있다. 그러나 이러한 방법은 자기장 차폐에 큰 효과를 줄 수 없으며, 비록 니켈박막의 두께를 증가시킬 지라도 흡수손실에 의한 전자파 차폐효과가 제한되므로 큰 효과를 얻을 수 없다. 10 ~ 25  $\mu\text{in}$  (0.25 ~ 0.6  $\mu\text{m}$ ) 두께의 니켈 박막은 구리 박막을 보호하고, 적당한 내구성을 갖는 데 통상 충분한 것으로 여겨지며, 니켈의 도금 두께는 담금시간을 조절하여 얻을 수 있다. 특별한 경우, 납땀을 하거나 부식저항 등을 높이기 위해 200 ~ 500  $\mu\text{in}$  (5 ~ 12.5  $\mu\text{m}$ )

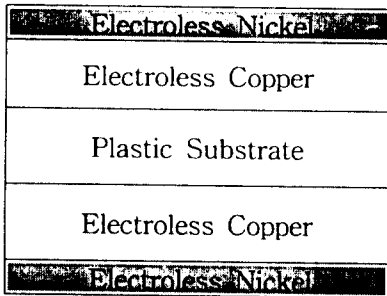


그림 13. Electroless Plating 방법에 의한 양면도금 과정

<표 2> Electroless Plating 방법에 적용되는 전형적인 도금 두께

	Copper	Nickel
Double-Sided Plating	40 ~ 80 $\mu\text{in}$ (1 ~ 2 $\mu\text{m}$ )	10 ~ 25 $\mu\text{in}$ (0.25 ~ 0.6 $\mu\text{m}$ )
Selective Plating	80 ~ 100 $\mu\text{in}$ (2 ~ 2.5 $\mu\text{m}$ )	10 ~ 25 $\mu\text{in}$ (0.25 ~ 0.6 $\mu\text{m}$ )

〈표 3〉 전도성 코팅 충전재의 장 단점

Material	Advantages	Disadvantages
Silver	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Excellent conductivity</li> <li>• Uses conventional spray equipment</li> <li>• Easy to apply</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Expensive</li> <li>• Tarnishes easily</li> </ul>
Nickel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Good conductivity</li> <li>• Uses conventional spray equipment</li> <li>• Easy to apply</li> <li>• Good resistance to oxidation</li> </ul>	
Graphite	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fair-marginal conductivity</li> <li>• Well suited for ESD control</li> <li>• Uses conventional spray equipment</li> <li>• Easy to apply</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Not very effective shield</li> </ul>
Copper	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Good conductivity (can degrade)</li> <li>• Uses conventional spray equipment</li> <li>• Easy to apply</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Copper oxidation reduces conductivity</li> <li>• Top coat may be required to prevent oxidation</li> </ul>

m) 두께의 니켈 박막이 요구되기도 하며, 필요에 따라 니켈 박막 위에 주석을 도금하기도 한다.

② Conductive coating

이 방법은 필요한 정도의 전기전도도를 얻기 위해 니켈, 구리, 은, 또는 그래파이트 등과 같은 전도성 분말이나 후레이크(flake)를 비닐, 아크릴, 폴리우레탄, 에폭시 등과 같은 수지에 섞어 만든 전도성 도료를 사용하는 전형적인 방법이다. 수지에 충전되는 전형적인 충전재(filler)의 장단점은 표 3과 같다.

오늘날 가장 일반적으로 사용되고 있는 전도성도료는 구리를 바탕으로 한 것이다. 이러한 것에는 은으로 도금된 구리분말을 포함할 수도 있는 데, 이러한 분말은 구리의 전도성을 증진시키고, 구리분말이 부식환경에 놓여 산화되는 것을 막아주는 역할을 하는데 효과적이다. 전도성 구리 및 은 도료는 기본적으로 전기장 차폐와 평면파 차폐에 효과적이거나, 자기장 차폐에는 큰 효과를 가지지 않는다.

은을 바탕으로한 전도성 도료는 매우 뛰어난 전기 전도도를 주며, 보다 얇은 박막 두께가 필요한 곳에 적용되나, 값이 비싸므로 사용에 어려움이 있다. 니켈

전도성 도료는 전통적으로 플라스틱 재료의 전자파차폐용으로 사용되어 왔지만 낮은 전기전도도를 가지므로 근래에는 많이 사용되지 않고 있다. 그러나 니켈 도료의 전자파차폐 성능이 구리 도료와 같지는 않지만, 니켈 금속 자체가 가지는 강한 경도에 기인하여 구리나 은 도료의 피막재료로 많이 사용되고 있으며, 니켈 박막의 두께를 두껍게 하여 약간의 자기장 차폐 효과를 얻을 수 있는 장점을 지니고 있다.

대개의 전도성 도료는 전도성분말이 화학용제에 섞여져 있으며, 다양한 스프레이 방식으로 도포되는 데, 전형적인 스프레이 방식으로서 HVLP(High Volume Low Pressure) 장치가 많이 사용되고 있다. HVLP 장치는 종래의 고압 스프레이 장치에 비해 도료의 전달 효율이 좋으며, 30 ~ 40%의 과도한 도포 손실을 줄일 수 있다. 전도성 도료를 도포할 때, 도포할 곳과 도포하지 않을 곳은 앞에서의 선택도금 방식과 마찬가지로 마스크 기법을 적용한다.

전도성 도료의 전자파차폐 성능은 피막의 두께와 도료 자체의 전기전도도(금속분말의 전기전도도 및 지지재와 첨가재의 균일도에 관계된다)에 관계된다. 표면저항은 피막 도료의 균일성에 관계되며, 과도한

도포로 인해 도료가 흐르게 되면 피막면에서 전도성이 저하될 수도 있다. 전도성 도료로 적절한 전자파 차폐효과를 얻기 위해 필요한 전형적인 피막 두께는 표 4와 같다.

〈표 4〉 전도성 도료에 의한 전형적인 피막 두께

	Thickness
Copper Paint	2 ~ 3 mils (50 ~ 75 $\mu\text{m}$ )
Nickel Paint	2 ~ 3 mils (50 ~ 75 $\mu\text{m}$ )
Silver Paint	0.5 ~ 1.5 mils (12 ~ 37 $\mu\text{m}$ )

③ Vacuum Metallizing

전자파차폐에 적용되는 이러한 방법은 기본적으로 알루미늄을 진공 증착시키는 기법에 근거한다. 제작 과정은 우선 증착할 부분을 잘 마스크하여 진공챔버 내에서 회전하는 고정대 위에 설치하고, 증착시키는 동안 알루미늄이 증발하여 플라스틱 기판 위에 코팅되기 전에 충분한 정도의 낮은 진공이 유지되도록 해주고, 증발기 유닛에 고정된 순수한 알루미늄이 전기적으로 충분히 가열되면 기포처럼 증발되어 플라스틱 기판 위로 증착되는 것이다.

이러한 방법은 어느 정도 복잡한 형태를 가지는 작은 크기의 재료에 적합하며, 전자파차폐에 적용되는 전형적인 두께는 0.1 ~ 0.25 mils (3 ~ 6  $\mu\text{m}$ )이며, 경우에 따라 0.5 mils (12  $\mu\text{m}$ ) 정도까지 증착되기도 한다. 이러한 작업에는 진공챔버 내에 재료를 고정시키는 실제 과정과 관련한 마스크 작업과 진공증착되는 알루미늄이 플라스틱에 잘 접착하도록 표면처리를 하는 과정 등이 포함되는 일련의 종합과정이다.

2) 도금, 도장방식에 따른 경년변화 특성과 제작비용 비교

① 경년변화 특성

오늘날의 전기, 전자제품 시장에서의 제품의 신뢰성과 품질에 대한 요구는 차폐재료의 선택에도 영향을 미치고 있다. 차폐재료의 경우, 재료가 가지는 접착력, 전도성, 그리고 장기간에 걸친 전자파 차폐능력 등에 관심을 갖게 되었으며, 랩탑 컴퓨터와 셀룰라 전화기, 페이지, 작은 노트북과 같은 휴대용 전자장치가 급증하고 있음에 따라 이들 장치가 열악한 환경에

놓일 가능성이 증가되고 있어, 차폐재료의 환경요인에 따른 경년변화가 보다 중요해지고 있다.

이러한 관심과 관련하여 몇종류의 환경시험이 개발되었는데, UL-746C 가속 온, 습도시험과 IBM에서 개발한 4/4/16 온, 습도 순환시험, ASTM B-117 중성 염분 분사시험, 열악한 공업 부식환경을 모의시험하기 위해 산업용 가스를 투입하는 환경 순환시험, 그리고 매우 높은 온도와 매우 낮은 온도를 순환시키는 다른 형태의 가속시험 등이 그것이다. 4/4/16 방법과 같은 시험은 제품 수명 성능을 모의시험하기 고안되었으며, 온도 순환과 온도 충격시험은 코팅 접착력을 평가하기 위해 고안되었다.

무전해 도금(양면도금 및 선택도금 모두)과 전도성 도료, 진공증착 방법을 포함하는 다양한 전도성 코팅 방법에 대해서 앞에서 설명한 다양한 형태의 가속시험이 행해져 왔다. 전자파차폐 성능은 주어진 제작 방법에 따른 전기전도도에 직접적으로 의존하며, 산화에 따라 급격히 그 성능이 저하된다. 따라서 가속시험 이후의 환경시험 결과는 현재의 도금, 도장기술의 경년변화를 잘 비교해 볼 수 있다.

그림 15와 그림 16은 구리 전도성 도료, 무전해 도금, 진공증착을 포함한 도금 및 도장방식에 따른 선택된 가속 환경시험 조건에 노출되었을 때를 근거로 전기적 성능의 변화를 보여주는 전형적인 그림이다. 이 그림에서 니켈 도료는 이러한 시험에서 성능 변화

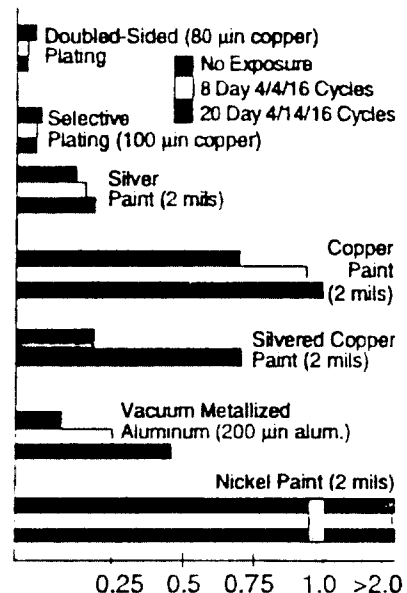


그림 15. 온, 습도 시험에 따른 전기전도도의 변화

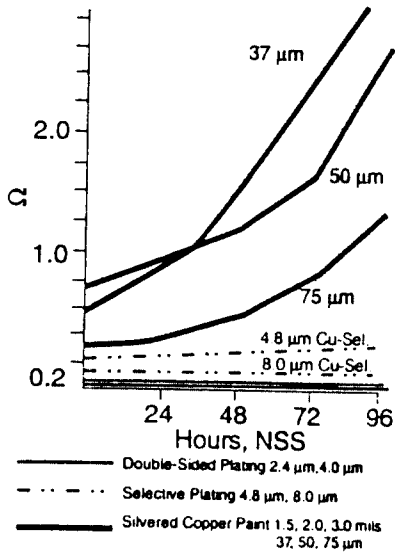


그림 16. 염분 분사시험에 따른 전기전도도의 변화

를 볼 수 없으므로 의미가 없고, 전도성 도료나 진공 증착 방법보다 무전해 도금 방식이 성능 변화를 덜 일으키는 것으로 나타나 있다. 그러나 이러한 비교는 제작 공정이 서로 상이하므로 이들 제작방식의 일반적인 경향이라고 반드시 볼 수는 없다.

② 제작비용 비교

전자파차폐 코팅방식에 따른 제작비용의 상대적인 비교는 그림 17과 같다. 제작비용은 제작과정, 마스크링 작업, 공정제어 방법, 폐기물 처리, 마무리 작업 등을 모두 고려하여 결정되므로 통상 적용되는 제작방식에 따라 다르다. 특히, 은 도료는 제작비용이 매우 비싸므로 특수한 경우를 제외하고는 일반적으로 적용하기가 어려움을 알 수 있으며, 따라서 이러한 제작비용은 기구물 합체 전체의 제작비용과 관련되므로 적절히 선택되어야 한다.

일반적으로 전도성 도료(은 도료 제외) 및 무전해 도금과 관련된 기본 비용은 비슷하다. 양면 도금은 합체의 내, 외부가 모두 코팅되는 반면에, 선택도금과 전도성 도료 분사방식은 제품의 내부가 아닌 합체 외부에만 코팅이 이루어진다. 진공증착 방법은 전도성 도료 분사방식이나 무전해 도금방식에 비해 비교적 비싸나, 복잡한 형태의 작은 구조물을 코팅하는 데 효과적이므로 그러한 경우, 가격 경쟁력이 있을 수 있다.

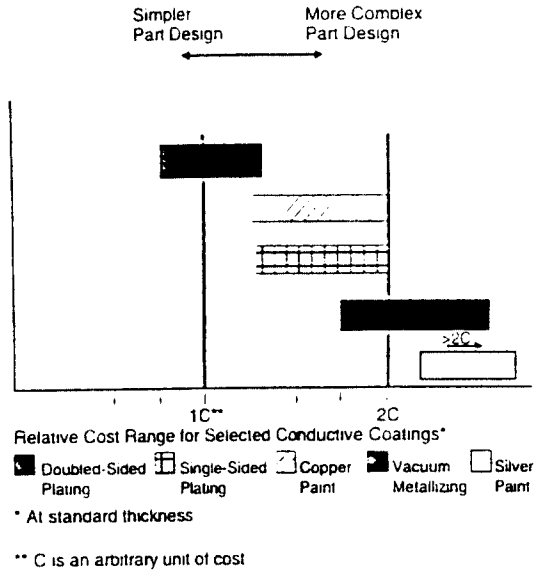


그림 17. 전도성 도료 분사방식과 무전해 도금 방식의 제작비용 비교

3) 가스켓의 종류와 설치방법

전기, 전자제품의 합체는 각종 도선의 입/출력과 냉각, 각종 버턴의 삽입 등을 위해 개구부(aperture)를 만들 수 밖에 없다. 이러한 개구부는 앞에서 설명한 다양한 차폐기법을 적용하여 합체에 부가된 전자파차폐 성능을 저하시키게 되므로 불필요한 개구부의 줄이기 위해서 다양한 종류의 가스켓을 사용하게 된다. 물론, 합체 설계단계에서 개구부의 모양과 크기 등을 고려하여 적정 수준의 전자파차폐효과를 갖도록 할 수 있으나 내용이 많으므로 여기에서는 생략하였다.

합체의 냉각용 개구부를 제외한 모든 개구부의 크기는 가스켓을 이용하여 최소한으로 줄여야 하며, 냉각용 개구부의 경우, 개구부를 무조건 줄이게 되면 냉각 성능을 저하시키므로 전자파차폐 성능과 냉각 성능을 최적으로 하는 설계가 필요하다. 전자파장해 대책에 사용되는 가스켓은 그림 18에서 볼 수 있는 것처럼 탄력성이 있어야 함은 물론, 기계적 밀봉용(sealing) 가스켓과 달리 가스켓 자체가 전기전도성을 가져야 한다. 이러한 기능의 가스켓에는 다음과 같은 다양한 종류가 있다:

- Knitted-wire mesh gaskets: 이러한 종류의 가스켓은 가는 금속도선(metal wire)을 다양한 모양으로 짠 것으로서 높은 탄력성을 위해 스펀지나

실리콘고무 등을 메쉬 속에 끼워 넣은 것도 있다. 이러한 부품은 대개 둘레가 4 in보다 길고, 단면이 0.063 in ~ 0.75 in 정도인 패널 조인트에 흔히 적용된다.

- Oriented-immersed-wire gaskets: 이러한 종류의 가스켓은 무수히 많은 매우 가는 모넬(monel)이나 알루미늄 도선을 횡방향으로 경질 실리콘이나 스폰지 실리콘에 함침시켜 만든 것으로서 전자파 차폐 기능과 압력밀봉(pressure seal)기능을 동시에 제공한다. 따라서 두 기능을 동시에 만족하기 위해서 함침된 금속세선이 실리콘 밖으로 약간 나와 있으며, 이러한 부분이 압력밀봉을 위해 부분적으로 그리스(grease)나 윤활유 및 다른 금속부와 접촉하게 되어 있다. 특별한 경우 이러한 부분이 부식을 일으켜 성능이 급격히 떨어질 수도 있다. 이러한 부품의 단면적은 대개 0.125 in × 0.125 in 으로부터 0.625 in × 0.500 in 이며, 길이는 매우 다양하다.
- Conductive plastics and elastomers : 이러한 종류의 가스켓은 매우 작은 은 구슬(silver balls)이나 은 도금 구(silver coated sphere)를 실리콘 고무나 탄성 비닐 지지재(binder)에 함침시킨 것으로서 시트모양, 금형절단형(die cuts), 불딩형, 압출형 등, 다양한 형태가 있으며, 전자파차폐 기능과 용접밀봉(hermetic seal) 기능을 동시에 제공한다. 특히 이러한 부품은 극저온에서 사용할 수 있는 것부터 매우 높은 고온에 사용할 수 있는 것까지

다양한 사용온도 범위를 가지는 장점이 있으나, 진동에 의해 가스켓의 불평형(unevenness)이 생겨 밀봉기능이 저하하는 단점이 있다. 따라서 진동이 많은 제품에서는 적용에 주의를 기울여야 한다.

- Spring finger stock: 이러한 종류의 가스켓은 베릴리움(beryllium)-구리 합금으로 많은 수의 fingers를 포함하도록 만든 것으로서 각각의 finger가 탄력적으로 합체부와 접촉한다. 따라서 접촉면이 편평하지 않은 합체부일지라도 각각의 finger가 구부러지는 양이 다르므로 좋은 전기적 접촉을 유지할 수 있다. 이러한 부품은 주로 차폐실 출입문에 적용되고 있으며, 근래에 들어 가스켓 뒷면에 전도성 접착재를 부가한 제품이 개발되어 자주 열고 닫거나, 뺐다 붙였다해야 할 부분 등에 매우 다양하게 응용되고 있다. 또한 이러한 부품은 과중한 힘에 가해지면 부러지거나, 잘 부식되는 단점이 있다.

전자파상해 대책용 가스켓은 합체의 접촉면과 낮은 임피던스 경로를 갖기 위해 가스켓의 접촉면적을 넓힐 수 있는 방향으로 설치해야 하고, 설치 전에 합체 접촉면의 비전도성 외장페인트나 다른 코팅재료 및 부식방지제 등은 반드시 제거해야 한다. 또한 주기적으로 가스켓의 상태를 관찰하고, 요구되는 압력이 가스켓에 유지되는지를 확인해야 한다. 그림 19는 전형적인 가스켓 설치방법이다.

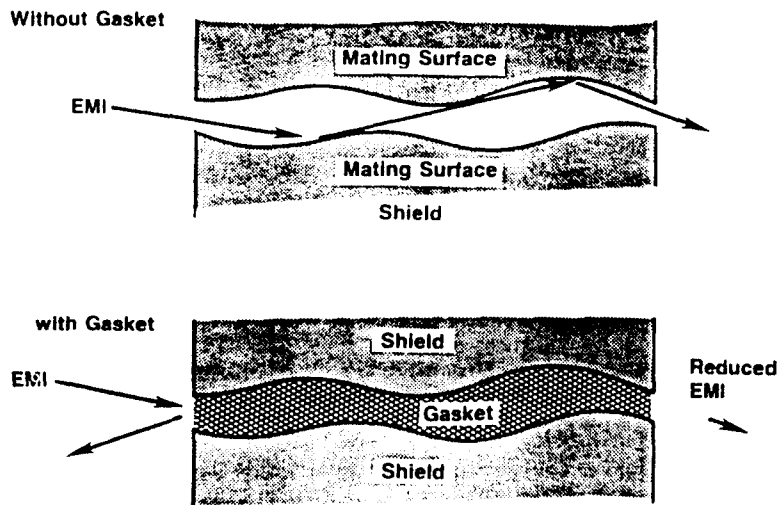


그림 18. 합체 개구부에의 전도성 가스켓 적용



IV. 결 론

오늘날 국제적으로 불요전자파의 방출과 전자파내성에 관한 규제가 점차 강화되고 있으며, 오디오/비디오 기기를 포함한 전자제품은 물론, 교환기를 비롯한 전기통신설비, 무선기기, 자동차, 의료기기 등으로 규제 대상기기가 크게 확대되고 있다. 이러한 규제에는 선진국에서 자유무역주의를 주창하는 이면에 자국의 전자파환경을 보호한다는 명분 하에 새로운 형태의 기술적 무역장벽을 강조함으로써 개발도상국이 접근하기 어렵도록 하는 양면성이 있다. 우리 산업체가 이러한 규제에 효과적으로 대응하기 위해서는 제품개발의 초기 단계에서부터 적극적으로 대책을 수립하는 것이 다양한 대책방법을 선택할 수 있고, 대책에 투입되는 비용도 적게 소요되며, 따라서 제품단가를 낮출 수 있으므로 바람직하다.

본 고는 대책부품의 종류와 특성에 국한하여 기술되었다. 그러나 효과적인 전자파장해의 대책을 위해서는 이러한 적합한 대책부품의 선택만으로 해결되는 것이 아니고, 적절한 접지와 배선, 장애신호의 여파, 합체 및 부시스템의 전자파차폐 등이 추가적으로 고려되어야 한다. 이 부분에 관해서는 참고문헌 [4]와 [5]를 참고하면 큰 도움이 될 것이다. 또한 근래에 들어 선진국에서 많이 연구되고 있는 부시스템 레벨 나아가서 시스템 레벨에서의 전자파장해 예측 시뮬레이션 기법 등이 제품 설계단계에 활용되면 대책부품

의 과잉투입에 따른 경제적 손실을 크게 줄일 수 있을 것으로 생각된다. 아 물론 본 고가 우리 산업체의 전자파장해 대책에 조금이나마 도움이 되었으면 큰 기쁨이 되겠다.

참 고 문 헌

- [1] Short EMC-Related Training Courses and Seminars, Practical EMI Fixes Interference Control Technologies Don White Consultants, Inc. 1992
- [2] IEEE 1996 Int'l Symp. on Electromagnetic Compatibility, Workshop Notes, Santa Clara, Aug. 19-23, 1996
- [3] J. L. Norman Violette, D. R. J. White, and M. F. Violette, Electromagnetic Compatibility Handbook, Van Nostrand Reinhold Co. 1987
- [4] Henry W. Ott, Noise Reduction Techniques in Electronic Systems, J. Wiley Pub. Co. 1976
- [5] J. R. Barnes, Electronic System Design - interference and noise control techniques, Prentice-Hall, Inc., 1987
- [6] E. Bastenbeck, B. Jackson and P. Kuzyk, G. Shawhan, "A Comparison of Conductive Coatings for EMI Shielding Applications," ITEM 1995.

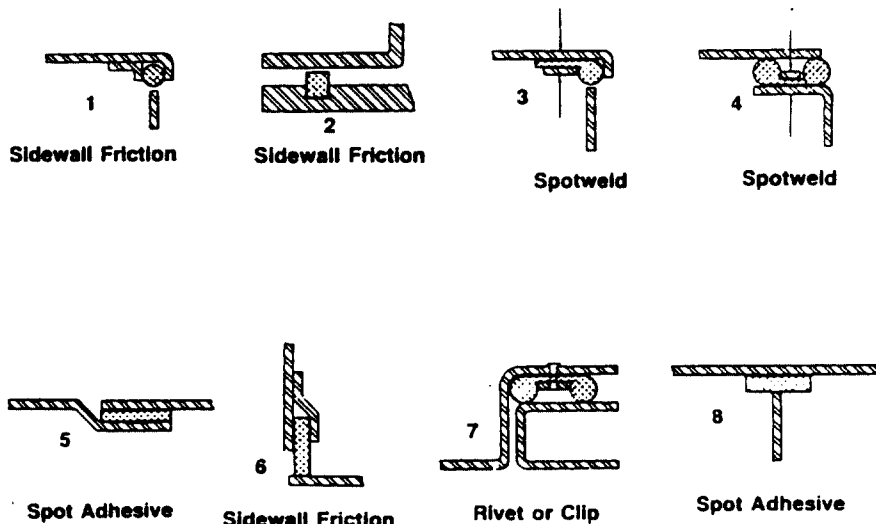


그림 19. 전형적인 가스켓 설치 방법



정 연 춘

- 
- 1984년 2월 : 경북대학교 자연과학대학 물리학과 졸업
  - 1986년 2월 : 경북대학교 대학원 물리학과 졸업(이학석사)
  - 1996년 2월 : 충남대학교 대학원 전자공학과 박사과정중
  - 1985년12월~현재 : 한국표준과학연구원 전자기연구부 선임연구원
  - 1992년 1월~현재 : IEC-CISPR, TC77 국내 전문위원
  - 1996년 1월~현재 : CISPR WG1 Member